This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

$99.00

Harvard College Library

FROM THE

LANE FUND

The sum of $5000 was given by FREDERICK ATHEARN LANE, of New York, N.Y., (Class of 1849), on Commencement Day, 1863. "The annual interest only to be expended in the purchase of books for the Library."

Ueber die

Entwickelung der exakten Natnrwissenschaften im 19. Jahrhundert

und die Betheiligung der deutschen Gelehrten an dieser Entwickelung.

Vortrag, gehalten auf der 72. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte zu Aachen

von

J. H. van 't Hoff.

Hamburg und Leipzig,
Verlag von Leopold Voss
1900.

S 99,00

Sans fond

Alle Rechte vorbehalten.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

Hochgeehrte Versammlung!

Wer in einer halben Stunde einen Ueberblick über die Entwickelung der exakten Naturwissenschaften im neunzehnten Jahrhundert und die Betheiligung der deutschen Gelehrten an dieser Entwickelung geben will, darf wohl auf das Wohlwollen des Auditoriums rechnen. In kurzer Zeit kann nur derjenige viel sagen, der persönlich bis auf den Kern eines jeden Gegenstandes eingedrungen ist, was der Umfang des Themas absolut ausschliesst. Möglich ist nur, sich über den Rahmen dieses Themas vollständig klar zu werden und dasjenige, was hervorzuheben ist, prinzipiell festzustellen, um dann, öfters mit Hülfe entgegenkommender Collegen, denen ich dafür aus diesem Anlass danke, das Detail hineinzuweben, soweit die Zeit es erlaubt.

Der Umfang meiner Aufgabe wird dadurch eingeschränkt, dass ich nur von den Wissenschaften der leblosen Natur zu sprechen habe; ich werde das nicht mehr wiederholen und es ist bei allen nachherigen Verallgemeinerungen stillschweigende, wiewohl vielleicht unnöthige Voraussetzung.

Um diese Wissenschaften der leblosen Natur zu überblicken, sei die kurze Einteilung vorgeführt, an welche ich mich halten möchte.

Zunächst ist zu erwähnen, dass, obgleich das Hauptmoment der grossartigen Entwickelung der Wissenschaften wohl in der nützlichen Seite derselben liegt, dennoch die Erfahrung gezeigt hat, dass die alleinige direkte Verfolgung dieser Nutzzwecke schliesslich die Erreichung des Ziels erschwert. Eine Arbeitstheilung hatte einzutreten, die speziell im neunzehnten Jahrhundert immer weiter durchgeführt wurde

und wobei einerseits die gründliche Vermehrung der Kenntnis ohne Berücksichtigung des Nutzens, andererseits gerade umgekehrt der Nutzen in erster Linie erstrebt wird. Das ist die bekannte Trennung in theoretische und angewandte Wissenschaften.

Wenn es sich wie hier um die Entwickelungsgeschichte handelt, können wir die theoretischen Wissenschaften in den Vordergrund stellen. Nicht, dass von dort aus immer der wesentliche Fortschritt ausging, die Dampfmaschine z. B. hat der theoretischen Wissenschaft die schönsten Probleme entlockt und die besten Hülfsmittel verschafft, aber die theoretische Wissenschaft erzielt offenbar die von zufälliger Nützlichkeit unabhängige allseitige Abrundung, die sich mit dem Begriff Entwickelung in umfassendem Sinne deckt.

Ferner ist aber auf diesem Gebiete der „Wissenschaften im Dienst des reinen Wissens“ selbst noch eine fundamentale Zergliederung vorzunehmen. Einerseits kann der Zweck des Wissens ein ganz allgemeiner sein, wie bei der Lehre der Elektricität, ziemlich unabhängig von demjenigen, was die unmittelbare Umgebung bietet, wiewohl damit immer als Naturwissenschaft verknüpft. Umgekehrt kann gerade das Ziel in erster Linie auf das Konkrete, in der Natur vorkommende, gerichtet sein, etwa auf Mineralien. So müssen wir dann noch die allgemeinen von den konkreten (speziellen) Wissenschaften trennen, um nunmehr zunächst einen Ueberblick über die Entwickelung der ersteren an Hand folgender Eintheilung geben zu können:

I. Die drei mathematischen Grundwissenschaften, die sich fast unmittelbar an die drei Grundbegriffe Quantität, Raum und Zeit anschliessen:

A. Die Wissenschaft der Quantität: die Analysis, umfassend die Arithmetik, die Algebra und die höhere Analyse;

B. die Wissenschaft der Dimension: die Geometrie;

C. die Mechanik, die wir vorläufig als Wissenschaft der Kraft und der Bewegung definiren wollen und in welche also die Zeit als neuer Faktor eintritt.

II. Die zwei experimentellen Naturwissenschaften:

A. Die Physik und

B. Die Chemie.

Offenbar liegt in der Entwickelung dieser allgemeinen Naturwissenschaften das Wesentliche gerade in den allgemeinen Grundsätzen, zu denen sie geführt haben, während neue Methoden und dadurch erzielte Bereicherung des Gebiets, wie wichtig sie auch sind, in unserer notwendig schematischen Darstellung in den Hintergrund treten müssen, so dass mancher Name, auch von den berühmtesten, in dieser Skizze fehlen wird.

Sehr einfach gestaltet sich dadurch die Behandlung der Wissenschaften von der Quantität und von der Dimension, kurz, der Mathematik. Wie unendlich viel auch auf diesem Gebiet im 19. Jahrhundert geleistet wurde und zu wie grossem Dank das ganze menschliche Wissen der Mathematik dadurch verpflichtet ist — ich brauche wohl nur die Namen Abel, Bouquet, Briot, Cauchy, Dirichlet, Gauss, Jacobi, Kummer, Poncelet, Riemann, Steiner, Weierstrass u. s. w. zu nennen — die allgemeinen Grundsätze dieser Wissenschaften waren Anfangs des Jahrhunderts gegeben und blieben, Dank ihrer ideal einfachen Gestaltung, im Wesentlichen ungeändert. Die erste allgemein grundsätzliche Umwälzung, die wir dem vorigen Jahrhundert verdanken, vollzieht sich auf dem Gebiet der Mechanik. Dieselbe war wesentlich die Wissenschaft von Kraft und Bewegung, sie wurde zur Wissenschaft der Arbeit oder Energie[1]). Denn in der Mechanik schon wurzelt die grosse Entdeckung des neunzehnten Jahrhunderts, das Gesetz von der Erhaltung der Arbeit. Und eben weil das Gesetz so tief in eine unserer drei Grundwissenschaften eingreift, ist dasselbe für das ganze Wissen von so weitragender Bedeutung geworden.

Von der Entdeckungsgeschichte dieses Gesetzes wollen wir nur hervorheben, dass dieselbe nicht auf dem Gebiet der Mechanik sich abspielt, wiewohl der Inhalt des Gesetzes

1) Ich habe im Nachstehenden verständlichkeitshalber vorwiegend das Wort „Arbeit“ benutzt.

streng genommen in den Grundgleichungen der Mechanik enthalten war. Die Entdeckung liegt wesentlich auf dem Gebiet der Physik, wurde jedoch merkwürdiger Weise nicht speziell von Physikern gemacht, sondern von J. R. Mayer, einem Mediciner, Joule, einem Bierbrauer, Colding, einem Ingenieur und besonders Helmholtz, damals Physiologe.

Da wir bei Behandlung der Physik auf diesen Grundsatz weiter einzugehen haben, sei hier nur versucht, dessen Einfluss auf die allgemeinen Grundsätze der Mechanik hervorzuheben. Dieselben waren, zumal von Lagrange, in zwei Gleichungen niedergelegt, eine für die Bewegungserscheinungen, eine für den Ruhe- oder Gleichgewichtszustand, deren beider unbequemer Herleitung und undurchsichtigen Inhalts ich mich noch aus den am Polytechnikum erlebten Studientagen erinnere.

Ausgerüstet mit dem Gesetz, dass die Arbeitsmenge sich nicht ändern kann, bekommen diese Grundgleichungen eine so einfache Gestalt, dass man schon wagen darf, deren Inhalt vor einem gemischten Publikum klarzulegen. Das Gesetz selbst sagt aus:

Die totale Arbeitsmenge ist unveränderlich.

Zu berücksichtigen ist dann nur, dass Arbeit oder Fähigkeit zur Arbeitsleistung in zwei Formen vorhanden sein kann, in Form von Bewegung, wie das fliessende Wasser, das z. B. ein Mühlrad treiben kann, oder in einer ganz anderen Form, wie beim Gewicht, das die Uhr in Bewegung setzt und wo die Fähigkeit zur Arbeitsleistung offenbar mit der Schwere, also mit einer Kraft, zusammenhängt. Sprechen wir demgemäss von Bewegungs- (lebendige Kraft) und von Kraftarbeit (potentielle Energie), so lautet das Gesetz:

Die Summe von Bewegungs- und Kraftarbeit ist unveränderlich.

Handelt es sich also um Entstehung (oder Aenderung) von Bewegung, so haben wir:

Gewonnene Bewegungsarbeit = Verlorene Kraftarbeit, was der Grundgleichung von Lagrange für die Bewegung entspricht.

Handelt es sich um Ruhe (oder ungeänderte Bewegung) also um Gleichgewicht, so gilt:

Verlorene Kraftarbeit = Null,

was der anderen Grundgleichung für das Gleichgewicht entspricht.

Zusammenfassend können wir von unseren drei Grundwissenschaften also sagen, dass sie am Schluss des neunzehnten Jahrhunderts in ihren Grundlagen ein Bild der Vollkommenheit bieten, das wohl als endgiltiger Abschluss zu betrachten ist.

Schreiten wir jetzt zu den experimentellen Naturwissenschaften, zur Physik und Chemie, so ist zunächst hervorzuheben, dass auf dem Gebiete der mathematischen Grundwissenschaften eine Dreitheilung, entsprechend unseren drei Grundbegriffen, Quantität, Raum und Zeit, vollkommen scharf durchführbar war; eine vollkommen strenge Abgrenzung von Physik und Chemie erscheint dagegen kaum möglich. Noch neulich hörte ich einen unserer hervorragendsten Chemiker sich dahin äussern, dass Lavoisier und Bunsen keine Chemiker, sondern Physiker waren und letzterer drückte den inneren Zusammenhang beider Wissenschaften gelegentlich durch den Satz aus: „ein Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts“. Ich will auch hier nicht versuchen durch eine Definition zu trennen, doch vielmehr hervorheben, dass die Untrennbarkeit wahrscheinlich in der Natur der Sache liegt. Den abstrakten Grundwissenschaften lässt sich eine Definition aufzwingen, die uns bequem ist; in den experimentellen Naturwissenschaften dagegen ist man an das Beobachtungsobjekt gebunden, wobei entsprechend unserer einheitlichen (mechanischen) Auffassung der Naturerscheinungen kaum eine scharfe Zweitheilung zu erwarten ist. Dennoch, und das möchte ich als Leitfaden bei Behandlung der Entwicklungsgeschichte der Physik und Chemie benutzen: die Forschung hat das Studium der Naturerscheinungen von zwei Seiten aus in Angriff genommen, die sich in grossen Zügen resp. richteten auf Kraft und auf Stoff. So wäre die Physik in erster Linie die Lehre von den Verwandlungen der Kraft oder besser der

entsprechenden Arbeitsform, die Chemie diejenige von den Verwandlungen der Materie.

Wenden wir uns von diesem Gesichtspunkt aus zunächst der Physik zu, also im Wesentlichen dem Problem von den Verwandlungen der Naturkräfte oder entsprechenden Arbeitsformen, so lassen sich die Errungenschaften des neunzehnten Jahrhunderts in einfacher Weise an den Grundgedanken knüpfen, dass die Naturvorgänge auf rein mechanische Bewegungserscheinungen und Kraftäusserungen zurückzuführen sind.

Trifft dies zu und sind die Naturäusserungen wie Licht, Schall, Wärme, Elektricität und Magnetismus zwar unseren Sinnesempfindungen gegenüber von spezifischem Charakter, im Grunde aber nur verschiedene Bewegungsformen, so ist die Möglichkeit gegeben, diese Naturäusserungen in einander und in handgreifliche Bewegung selbst überzuführen. Diese gegenseitige Verwandelbarkeit der Arbeitsformen in jeder Hinsicht festgestellt zu haben, möchte ich als erste grosse Errungenschaft auf diesem Gebiet im vorigen Jahrhundert verzeichnen. Von den vielen Forschern, die hierzu beitrugen, sei besonders Faraday hervorgehoben, der einen grossen Theil seines staunenswerthen Erfolges dem festen Glauben an diesen Satz verdankte. Kaum braucht hinzugefügt zu werden, dass diese gegenseitige Verwandlung der Arbeitsformen im täglichen Leben die werthvollste Anwendung findet: die Dampfmaschine verwandelt Wärme in Bewegung, die Dynamomaschine letztere in Electricität, welche ihrerseits ein vorzügliches Heizmittel oder eine Lichtquelle sein kann, oder aber, nach Umwandlung in Magnetismus, den Motorwagen treibt und so zur Bewegung zurückkehrt.

Unmittelbar hieran schliesst die zweite bedeutende Erkenntnis, das schon erwähnte Gesetz von der Erhaltung der Arbeit, wonach zwar die Arbeit der Form, nicht aber der Menge nach sich verwandeln kann. Diese Arbeitsmenge ist also der ruhende Pol in der Erscheinungen Flucht, und die mögliche Arbeitsleistung kann als gemeinsames Maass sämmtlicher Naturerscheinungen gelten (Gauss, Ostwald). Die

Wärme z. B., welche im Stande ist ein Kilo Wasser von 0° auf 1° Celsius zu erwärmen, entspricht der Arbeit, welche geleistet wird, falls 425 kg ein Meter hoch gehoben werden.

Der dritte wichtige Schritt wurde durch Beantwortung der nunmehr vorliegenden Frage gemacht: Wenn die Naturäusserungen sich ineinander verwandeln können und auch das quantitative Gesetz gilt, welches die Beziehung zwischen Verschwundenem und Entstandenem regelt, in welchem Sinne finden dann die Verwandlungen statt? Fast banal ist die Thatsache, wovon bei Beantwortung dieser Fundamentalfrage ausgegangen wurde; sie besteht wesentlich darin, dass z. B. in einem Eisenstab die Wärmeverwandelung nicht so stattfinden kann, dass die eine Hälfte wärmer, die andere kälter wird, sondern dass umgekehrt eine derartige Differenz sich auszugleichen sucht. Um so bewundernswerther sind die daraus, in erster Linie von Carnot und Clausius gezogenen Consequenzen, die, zunächst als zweiter Hauptsatz der Wärmetheorie formulirt, allmählig im ganzen Gebiete der Physik und weit darüber hinaus sich fortentwickelnd, dem Satz der Erhaltung der Arbeit nunmehr in Tragweite und Fruchtbarkeit zur Seite stehen.

Ich wage nicht, den Inhalt dieses Satzes scharf zu umschreiben, und begnüge mich mit der klaren, fast selbstverständlichen Form, die ihm speciell von Helmholtz gegeben wurde. Derselbe kommt dann darauf hinaus, dass eine stattfindende Verwandlung eben durch den Trieb statt zu finden, einen, sei es kleinen Widerstand, der sich dagegen erhebt, besiegen und also Arbeit leisten kann. Die so zu Tage tretende „freie Arbeit“ ist für das Stattfinden des Vorgangs maassgebend und lässt sich öfters im Voraus berechnen.

Fundamental wie dieser Satz war, hat derselbe zum wichtigen Ergebniss geführt, dass z. B. bei der Dampfmaschine — wenn diese auch in höchster Vervollkommnung ausgeführt ist — doch nur ein kleiner Theil der dem Kessel mitgetheilten Wärme in Arbeit verwandelt werden kann und zwar unter den gewöhnlich obwaltenden Umständen etwa 20 %, während die übrigen 80 % wieder als Wärme frei werden.

Wir wollen jetzt den letzten fundamentalen Schritt betrachten und wieder mit einer bestimmten, nun-

mehr weiter gehenden Frage verknüpfen: Die Möglichkeit einer Verwandlung nach den obigen drei Principien zugegeben, wie schnell findet dieselbe dann statt?

Hier greifen die im neunzehnten Jahrhundert entwickelten Vorstellungen über das innere Wesen der Naturvorgänge ein. Nehmen wir ein Beispiel: Tritt, etwa durch eine Explosion, in der Atmosphäre eine lokale Druckvermehrung ein, so sucht die entstandene Druckdifferenz sich nach den vorigen Principien auszugleichen und der Ueberdruck bewegt sich, allmählig abnehmend, durch die Atmosphäre bekanntlich als Schall. Wie schnell diese Erscheinung sich fortbewegt, ist aus den erwähnten Principien nicht zu entnehmen. Jedoch unter der bestimmten Annahme über die Natur des Schalls, dass derselbe eine schwingende Bewegung ist, sich fortpflanzend in einem elastischen Medium wie die Luft, war es Newton und Laplace möglich, in vollstem Einklang mit der Thatsache, diese Geschwindigkeit mit 330 Mr. pro Sekunde zu berechnen.

Nun ist aber bei den andern Naturvorgängen die Sachlage noch nicht so befriedigend geklärt. Dass der Schall eine schwingende Bewegung ist, wird nicht nur vermuthet, sondern ist Thatsache. Auf anderem Gebiete sind bis dahin nur Vermuthungen über das Wesen der Erscheinungen möglich gewesen, die jedoch glänzenden Erfolg zu verzeichnen haben. In grossen Zügen kommt diese, sagen wir, kinetische Auffassung, darauf hinaus, dass wir in unserer Umgebung zu unterscheiden haben Materie und Aether; erstere aus äusserst kleinen, vollkommen elastischen Theilchen bestehend, die von Körper zu Körper verschieden sind; letzterer ein überall vorhandenes, alles durchdringendes Medium. Die Moleküle sollen die Träger der allgemeinen Anziehung sein, welche sich u. A. als Schwere äussert; sie haben überdies kleine durch Stoss unterbrochene Bewegungen, was unserem Begriff Wärme entspricht. Der Aether ist die Bahn für die Strahlungserscheinungen, wie z. B. für das Licht.

Gehen wir hierauf näher ein, so bieten sich wohl zunächst diese Strahlungsvorgänge dar, da gerade diese im neunzehnten Jahrhundert eine einheitliche Deutung und allseitige Abrundung erhielten. Nehmen wir daher die Entwicklung

der Auffassung über das Licht zum Ausgang. War für Newton das Licht den mit grosser Geschwindigkeit ausgeschleuderten Lichtkörperchen zu verdanken, so wurde anfangs des Jahrhunderts, durch Fresnel's Entdeckung der Interferenz, das Licht, entsprechend Huyghen's Vorstellung, zu einer schwingenden Bewegung, etwa eine Million mal schneller fortschreitend wie der Schall und ausgeführt im Aether. Eine weitere Abänderung dieser Vorstellungsweise wurde dann zur Erklärung der Lichtpolarisation nothwendig und die anfangs als in der Richtung der Fortpflanzungen stattfindenden Schwingungen (longitudinale) mussten als senkrecht auf dieser Richtung (transversal) aufgefasst werden.

Ganz fundamental war dann aber die Umgestaltung, die sich auf diesem Gebiete in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts vollzog. Die Auffassung des Aethers als einfach elastisches Medium, geeignet zur Fortbewegung von transversalen Schwingungen, war unfähig, die Beziehungen zwischen Licht, Elektricität und Magnetismus zu erklären, die sich z. B. darin zeigen, dass Substanzen, welche in erster Linie die Elektricität leiten, wie Metalle, gerade dem Licht keinen Durchgang gewähren und umgekehrt (wie das Glas, das durchsichtig aber bekanntlich schlecht leitend ist). Dieser und anderen Beziehungen wurde speciell durch Maxwell, Helmholtz und Lorentz Rechnung getragen unter Annahme, dass die Schwingungen des Aethers elektrischer Natur sind. Den ersten Sieg feierte diese sog. elektromagnetische Lichttheorie dadurch, dass sie die Geschwindigkeit des Lichtes zu berechnen ermöglichte und hiermit der Lehre vom Schall ebenbürtig zur Seite trat, nur dass hier die grundlegende Auffassung (über das Wesen des Lichts) der direkten Prüfung unzugänglich ist. Weit grösserer Erfolg war aber dieser Auffassung vorbehalten. Nach derselben war eben das Licht nur ein specieller Fall und zwar eine elektromagnetische Aetherschwingung von sehr geringer Schwingungsdauer, deren Schwingungszahl pro Sekunde, je nachdem es sich um rothes oder violettes Licht handelt, 400 bis 800 Billion beträgt. Ein ganzes, unendliches Gebiet lag also noch frei, für langsamere und auch für schnellere Schwingungen, und hier treten uns die grössten Entdeckungen des neunzehnten Jahrhunderts entgegen.

Die etwas langsameren Schwingungen, die wir nicht mehr als Licht zu erkennen vermögen, das Ultraroth, äussern sich als Wärme, Wärmestrahlen, wie wir sie von der Sonne erhalten. Die etwas schnelleren Schwingungen, die wir ebenfalls nicht sehen, das Ultraviolett, wirken chemisch z. B. auf die photographische Platte, sind also chemische Strahlen. Die noch schnelleren scheinen die Röntgen-Strahlen zu sein; sie entsprechen eben ganz demjenigen, was Helmholtz von sehr schnellen, elektromagnetischen Schwingungen vorausgesagt hatte. Vor allen Dingen aber die ganz langsamen (allerdings noch etwa 100 Millionen pro Sekunde) von Hertz untersuchten Schwingungen, die direkt aus handgreiflich elektrischen Schwingungen erzeugt wurden, verhalten sich dennoch ganz wie Licht, nur wie unsichtbares Licht, und finden bekanntlich in der drahtlosen Telegraphie ihre Anwendung.

Es liegt demnach nahe anzunehmen, dass auch das Licht durch elektrische Schwingungen verursacht wird und zwar durch Bewegung von in der Lichtquelle vorhandenen elektrisch geladenen Atomen oder Jonen (die nach den neuesten Auffassungen etwa $^1/_{1000}$ des Gewichts von Wasserstoff-atomen haben). In glänzender Weise wurde diese Vermuthung bestätigt durch die Entdeckung des sog. Zeeman'schen Phänomens.

Hat demnach die Kinetik des Aethers den glänzendsten Erfolg aufzuweisen, so fiel der Kinetik der Materie eine bescheidenere Rolle zu, entsprechend dem unvergleichlich verwickelten Problem, das schon durch die bis jetzt unüberbrückbare Differenz von Stoff zu Stoff gegeben ist. Die schon vor Anfang des Jahrhunderts bestehende, aber etwas vage Auffassung der Materie als kleine sich bewegende und anziehende elastische Theilchen, bekam einen fassbaren Inhalt, als diese Theilchen auf chemischem Gebiet als Moleküle scharf definirbar wurden, während die Bewegung, bei der Auffassung der Wärme als Arbeitsform, mit der Temperatur in näheren Zusammenhang sich bringen liess. Dank den Bemühungen speciell von Krönig, Clausius, Maxwell, van der Waals und Boltzmann hat dann diese Kinetik der Materie einen wesentlichen Erfolg erzielt in der Klärung

unserer Auffassung über die Aggregatzustände, speciell über die Natur der Gase, der Flüssigkeiten und des zwischenliegenden kritischen Zustandes. Das Resultat gipfelt wohl in der bis jetzt zwar empirisch dastehenden aber dennoch auf kinetischem Wege gefundenen und vielfach bestätigten Regel der übereinstimmenden Zustände, welche die specifischen Differenzen von Körper zu Körper auf drei Fundamentalgrössen, die kritische Temperatur, den kritischen Druck und die kritische Dichte derart zurückführt, dass bei Bekanntheit derselben die meisten Eigenschaften wie Dichte, Dampfspannung, Siedepunkt, latente Dampfwärme der Vorausberechnung zugänglich sind.

Zu betonen ist, und das hebt besonders Ostwald hervor, dass die Auffassungen über das Wesen der Dinge nur Hülfsmittel sind, um zum zahlenmässigen Zusammenhang der Erscheinungen zu gelangen. So machen die Maxwell'schen Gleichungen über die Vorgänge im Aether das Stillstehen beim Wesen dieses Aethers grösstentheils überflüssig und so führt auch die Regel der übereinstimmenden Zustände sehr weit, ohne sich eingehend um das Wesen der Materie zu kümmern.

Betreten wir nun das Gebiet der Chemie und bemerken wir zunächst, dass bei Auffassung desselben als das wesentliche Gebiet der materiellen Verwandlungen schon das zuletzt erwähnte Kapitel über die Aggregatzustände mit hineinpasst, was sich auch aus anderen Gründen empfiehlt.

Was die qualitativen Verwandlungen der Materie anbelangt, so hat sich die principielle Unterscheidung in Element und Verbindung aufrecht erhalten. Nur wurden anfangs dieses Jahrhunderts einige als Element betrachtete Körper, wie Kali und Natron, durch Davy zerlegt. Die übrigen haben sich, trotz wiederholten Angriffs, wie besonders seitens Victor Meyer auf das Chlor, aufrecht erhalten und die Ueberzeugung, dass, falls überhaupt spaltbar, ganz neue und bis jetzt unbekannte Kräfte wirksam sein müssen, gewinnt an Berechtigung. Die Analyse hat die Zahl dieser Elemente indessen bedeutend (bis auf etwa 80) vermehrt, wobei wohl die

Namen Berzelius, Bunsen und Ramsay in den Vordergrund zu stellen sind und, was von ganz fundamentaler Bedeutung ist, die Elemente zeigen, Dank den Bemühungen von Newlands, Lothar Meyer und Mendelejeff, einen organischen Zusammenhang derart, dass fehlende Glieder im voraus anzugeben waren, mit den zu erwartenden Eigenschaften bis ins Detail, ein Ereigniss, das öfters mit Leverrier's Vorausberechnung vom Planet Neptun und dessen Entdeckung durch Galle verglichen worden ist. Nur wusste man in diesem Fall nicht anzugeben, wo die Elemente zu finden waren und so verdient es besondere Erwähnung, dass trotzdem Lecoq de Boisbaudran, Clemens Winkler und Nilson im Gallium, Germanium und Skandium die von Mendelejeff vorausgesagten Elemente Ekaaluminium, Ekasilicium und Ekabor thatsächlich fanden.

Ist so in der Kenntnis der Elemente fast Vollständiges erreicht, so wurde in vieler Hinsicht dasselbe für die Verbindungen allmählich grösserer Complikation erzielt. Die künstliche Darstellung, die Synthese, erscheint im Stande auch die subtilste Verbindung darzustellen. Zweimal schien sie auf diesem Weg halt machen zu müssen, einmal vor der Grenze, welche organische, sagen wir im Organismus hergestellte Verbindungen von anorganischen trennt; durch Wöhler's Synthese des Harnstoffs fiel in der officiellen Meinung diese Einschränkung fort. Dann aber war es kein geringerer als Pasteur, der die Herstellung von optisch-aktiven Körpern für das Leben in Anspruch nahm, aber wir kennen seitdem bis in Einzelheiten den Weg, der auch zur Lösung dieser Aufgabe führt, und der Chemiker ist überzeugt, dass er gehen wird bis an die Zelle, die als organisirte Substanz dem Biologen zufällt. Die höchste Leistung ist wohl hier in der Synthese der natürlichen Farbstoffe wie Alizarin (Graebe und Liebermann) und Indigo (v. Baeyer), der Alkaloide wie Coniin (Ladenburg) und des Traubenzuckers durch Emil Fischer gegeben; nur die Eiweisskörper und die Enzyme stehen noch aus. Das sind aber eben gerade die speziellen Handwerkszeuge des Lebens.

Bei der quantitativen Verfolgung der materiellen Verwandlungen blieb der Grundsatz von der Unverwandelbarkeit

der Menge, wonach von jedem Element ein bestimmtes Quantum war und ist und bleiben soll, das Hauptergebniss. Dasselbe erinnert an das Gesetz der unwandelbaren Arbeitsmenge und ist damit vielleicht verknüpft. In ganz eigener Weise wurde der betreffende Grundsatz jedoch im neunzehnten Jahrhundert angewendet, indem eine bildliche Darstellung durch Annahme unwandelbarer Atome durchgeführt wurde, welche einen wesentlichen Theil der chemischen Forschung im vorigen Jahrhundert geleitet hat.

War Anfangs in Händen Dalton's die atomistische Auffassung nur ein bequemes Mittel, um die Zusammensetzung nach Art und Menge auszudrücken und unsere Gewichtsgesetze herzuleiten, so gewährte durch Anschluss an Gay-Lussac's Volumgesetze und Avogadro's Molekularauffassung die atomistische Molekularformel eine sichere Grundlage zum weiteren Ausbau. An Hand der Valenzlehre werden besonders durch Kekulé die Bindungsverhältnisse der Atome festgestellt; an Hand der Stereochemie sogar die räumliche Lage, und dies alles deckt sich vollkommen mit den feinsten in der Natur vorkommenden und künstlich erhaltenen Spielarten (Isomeren). Besonders fesselt dabei dann noch die Entdeckung Mitscherlich's, dass dort, wo unsere abstrakte Auffassungen auf Gleichheit im atomistischen Bau schliessen, auch die äussere Form, die Krystallform, öfters eine bis zur Identität gehende Aehnlichkeit, sog. Isomorphie, zeigt.

Neben dem Ausbau der Atomistik charakterisirt sich die Entwickelung der Chemie im neunzehnten Jahrhundert durch die Uebertragung von physikalischen Methoden und Grundsätzen auf chemisches Gebiet und verdankt diesen fast regelmässig wesentliche Förderung, öfters fundamentale Umgestaltung.

Im Grunde genommen verdankt die Atomistik ihre ganze Existenz der Verwendung des physikalischen Hülfsmittels, der Waage; die Anwendung der optischen Methoden gründet die Spektroskopie dank der Bemühungen Bunsen's und Kirchhof's; die Anwendung der elektrischen Methoden führt zur Entdeckung der elektrolytischen Dissociation (Clausius, Arrhenius), um nur etwas zu nennen.

Die Uebertragung der physikalischen Grundsätze war nicht weniger fruchtbringend, wiewohl dem komplicirten Charakter der chemischen Erscheinungen entsprechend, anfangs unsicher. So übertrugen Berthollet, Guldberg und Waage mit mehr oder weniger Erfolg die Lehre der allgemeinen Anziehung und erklärten die Thatsache des chemischen Gleichgewichts, bekanntlich darin bestehend, dass eine Umwandlung nur bis zu einer bestimmten Grenze fortschreitet, und auch rechnerische Erfolge sind an Hand des Begriffs der aktiven Masse aufzuweisen. Ein zweiter, wiewohl ebenfalls nicht ganz gelungener Versuch, das Gesetz der Erhaltung der Arbeit auf chemische Probleme anzuwenden, wird von Thomsen und Berthelot gemacht und das allerdings nicht strenge Prinzip aufgestellt, dass die entwickelte Wärmemenge bei einer Reaktion ein Maass für die Affinität ist.

Waren diese und andere Versuche nur theilweise befriedigend, weil sie zwar im grossen Ganzen, durchaus aber nicht streng den Thatsachen entsprechen, so ist es schliesslich den vereinten Anstrengungen von Mathematikern, Physikern und Chemikern gelungen, der Chemie eine vollkommen sichere Grundlage zu verschaffen. Sie fusst in dem früher erwähnten s. g. zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, deren Anwendung auf chemische Erscheinungen wohl zuerst von Horstmann gemacht, dann von Gibbs, Helmholtz, Duhem u. A. weiter entwickelt wurde. Leider ist die Behandlung dieses Gegenstandes eine für den doch schon so vielseitig in Anspruch genommenen Chemiker schwere, da sie ziemlich weitgehende mathematische und physikalische Kenntnisse voraussetzt, und so ist es Aufgabe des physikalischen Chemikers, die hier zu erhaltenden vollkommen sicheren Grundsätze in möglichst einfacher durchsichtiger Form zu gestalten. Einiges ist in dieser Hinsicht erreicht:

1. Die Gesetze der verdünnten Lösungen sind, unter Anwendung des Begriffs osmotischen Drucks, ebenso einfach wie diejenigen der verdünnten Gase, ja damit identisch.

2. Die bei einer Reaktion entwickelbare Wärme beherrscht die Verschiebung des chemischen Gleichgewichts bei Aenderung der Temperatur, so dass dasjenige, was unter

Wärmeentwickelung entsteht, bei Temperaturabnahme in den Vordergrund kommt.

3. Die Affinität deckt sich mit dem Begriff freie Arbeit und wird nicht durch die entwickelte Wärme, sondern durch die entwickelte elektrische Arbeit (elektromotorische Kraft) gemessen.

Speziell die Wichtigkeit des letzten Satzes ist hervorzuheben. Durch die systematische Bestimmung der freien Arbeit von Fall zu Fall in deren Abhängigkeit von den Umständen wäre ein vollständiges Material zur endgültigen Reaktionsvoraussagung gegeben. Würde die Naturforscherversammlung Preisaufgaben stellen, so möchte ich aus diesem Anlass folgende Aufgabe vorzuschlagen:

„Eine systematische Zusammenstellung der bis jetzt auf chemischem Gebiet zur Bestimmung der freien Arbeit gesammelten experimentellen und theoretischen Ergebnisse."

Wir betonen aber, dass durch diese neu eingeführten Grundauffassungen nur die chemischen Gleichgewichtsverhältnisse beherrscht werden, während der ihnen noch fehlende Einblick in die Reaktionsgeschwindigkeit auch hier von einer allerdings noch im Anfangsstadium befindlichen chemischen Kinetik zu bewältigen ist.

Den konkreten oder speziellen Wissenschaften kann ein kurzes Schlusswort gewidmet sein. Dieselben wählen als Untersuchungsobjekt im grossen Ganzen je ein Stück unserer Umgebung:

Die Astronomie in erster Linie das ausserhalb der Erde gelegene;

die Meteorologie das über der festen Erdoberfläche befindliche;

die Geographie diese Oberfläche selbst;

die Geologie das darunter befindliche.

Dem historischen Charakter dieser Wissenschaften entsprechend verfolgen sie die Erscheinungen von Tag zu Tag, um sie an Hand der allgemeinen Wissenschaften mit einander zu verknüpfen und zu erklären. Den grossen Triumph feiern

diese Wissenschaften in der Voraussagung dessen was geschehen wird, und im Bericht über was in Zeiten war, die sich der direkten Beobachtung entzogen, um so in die Nachgeschichte und Vorgeschichte der Welt hineinzudringen.

Der Rahmen dieses Vortrags schliesst es selbstverständlich aus, den grossen Errungenschaften auch nur entfernt gerecht zu werden, die im neunzehnten Jahrhundert auf diesen so wichtigen Gebieten erzielt wurden. Und so seien nur kurz zwei Resultate hervorgehoben, die, von ganz allgemeiner Tragweite, unsere bisherige Skizze abrunden.

Die Astronomie hat speziell mittelst des Spektroskops uns gezeigt, dass auch in den entferntesten Räumen, von welchen das Licht mehrere Jahre braucht um uns zu erreichen, dieselbe Materie besteht wie hier, Eisen, Wasserstoff und etwa zwanzig andere Elemente, und beherrscht ist von denselben Gesetzen der gegenseitigen Anziehung, die wir auch hier kennen. Sie berechnet die Geschichte der Welt in der Zukunft, so weit es sich um den Gang der grossen Weltkörper handelt, mit einer so oft erprobten Zuverlässigkeit, dass diese an Sicherheit grenzt.

Die Geologie ergibt uns ein ähnliches Resultat für die weit hinter uns liegende Vergangenheit, die sie erklärt, und schliesst, dass keine katastrophale Eingriffe, wie diese speziell auf geologischem Gebiete früher angenommen wurden, in die Entstehung der Erde eingegriffen haben, sondern dass die Erde sich entwickelt hat unter denselben Gesetzen, welcher sie jetzt gehorcht und nach welchen ihre Geschichte auch einmal zum Abschluss kommen wird.